

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-190759

(43)Date of publication of application : 05.07.2002

(51)Int.Cl.

H04B 7/10
H01Q 3/26
H04B 7/08
H04B 1/707

(21)Application number : 2000-388890

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 21.12.2000

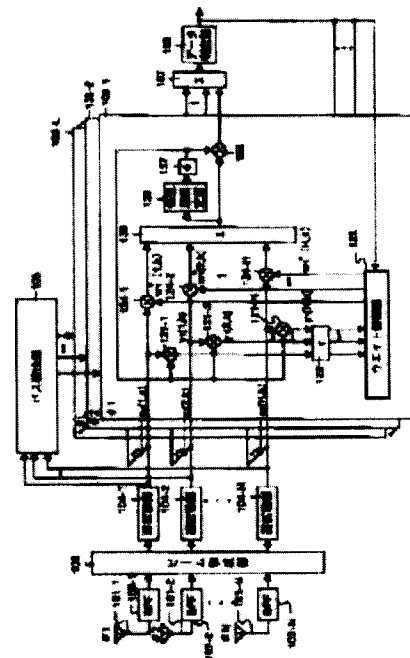
(72)Inventor : SANO HIROYASU

(54) ADAPTIVE ANTENNA RECEIVER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an adaptive antenna receiver for realizing efficient path detection corresponding to the signal quality of a path and the improvement of a receiving quality.

SOLUTION: The receiver is provided with a path detection part for detecting multi-path waves on a transmission line based on a plurality of inverse spread signals corresponding to a fixed directional beam, adaptive beam forming parts 106-1 to L for forming an adaptive beam composite signal for each path by using a weight generated by an adaptive algorithm and a plurality of the inverse spread signals, an adding part 107 for composing adaptive beam signals for all the paths and a data judging part 108 for judging data included in the composed signal.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-190759
(P2002-190759A)

(43)公開日 平成14年7月5日(2002.7.5)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 4 B	7/10	H 0 4 B 7/10	A 5 J 0 2 1
H 0 1 Q	3/26	H 0 1 Q 3/26	A 5 K 0 2 2
H 0 4 B	7/08	H 0 4 B 7/08	D 5 K 0 5 9
	1/707	H 0 4 J 13/00	D

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願2000-388890(P2000-388890)

(22)出願日 平成12年12月21日(2000. 12. 21)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 佐野 裕康

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

Fターム(参考) 5J021 AA05 AA11 DB01 EA04 GA02
HA05

5K022 EE01 EE31

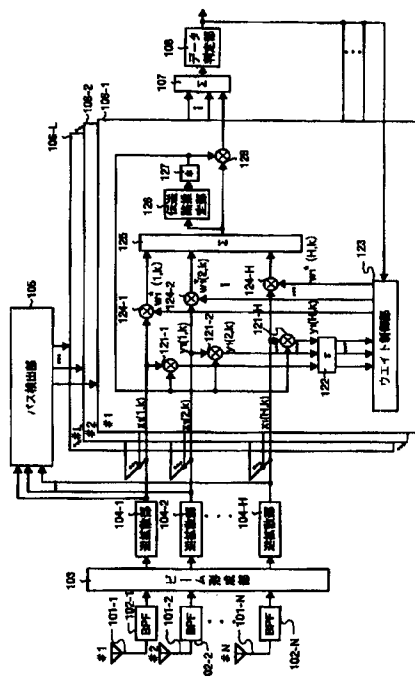
5K059 CC09 DD04 DD10 DD12 DD32
EE02

(54)【発明の名称】 アダプティブアンテナ受信装置

(57)【要約】

【課題】 パスの信号品質に応じた精度よいパス検出および受信品質の向上を実現するアダプティブアンテナ受信装置を得ること。

【解決手段】 固定の指向性ビームに対応した複数の逆拡散後信号に基づいて伝送路上のマルチパス波を検出するパス検出部105と、適応アルゴリズムにより生成されたウェイトと複数の逆拡散後信号とを用いてパス毎のアダプティブビーム合成信号を形成するアダプティブビーム形成部106-1~Lと、全パス分のアダプティブビーム信号を合成する加算部107と、合成後の信号に含まれるデータを判定するデータ判定部108と、を備える構成とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のアンテナを用いて固定の指向性を有するビームを形成するビーム形成手段と、前記固定の指向性ビームに対応した複数のビーム信号を個別に逆拡散する逆拡散手段と、個別に求められた複数の逆拡散後信号に基づいて伝送路上のマルチパス波を検出し、検出結果としてパス位置情報を出力するパス検出手段と、前記パス位置情報に基づいてパス毎にアダプティブビーム合成信号の伝送路を推定する伝送路推定手段と、前記パス毎の伝送路推定結果を前記複数の逆拡散後信号に対して個別に複素乗算する複素乗算手段と、各パスにおける複数の複素乗算結果とデータ判定結果とを用いてパス毎に適応アルゴリズムを動作させることにより、パス毎のウェイトを生成し、当該ウェイトと前記複数の逆拡散後信号とを用いてパス毎にアダプティブビーム合成信号を形成するアダプティブビーム形成手段と、前記パス毎のアダプティブビーム信号を用いて、前記伝送路推定結果に応じた同相化を行う同相化手段と、全パス分の前記同相化後のアダプティブビーム信号を合成するパス合成手段と、前記パス合成後の信号に含まれるデータを判定するデータ判定手段と、を備えることを特徴とするアダプティブアンテナ受信装置。

【請求項2】 さらに、送信スロットに付加された既知系列に基づいて、前記パス毎のアダプティブビーム合成信号から干渉量を推定する干渉量推定手段と、前記同相化後のアダプティブビーム信号をパス毎に推定された干渉量に基づいて正規化する正規化手段と、を備え、前記パス合成手段は、全パス分の正規化後のアダプティブビーム信号を合成することを特徴とする請求項1に記載のアダプティブアンテナ受信装置。

【請求項3】 前記パス検出手段は、前記ビーム毎の逆拡散後信号を用いて個別にパス位置およびパス電力値を求めるビーム毎パス検出手段と、パス位置の異なるパスのなかから、パス電力値の大きな方から順に、所定数のパスを選択し、選択結果としてパス位置情報を出力するパス選択部と、を備え、さらに、前記各ビーム毎パス検出手段は、前記ビーム毎の逆拡散後信号のスロット単位に設けられた既知系列を利用して1スロット内の全シンボルを同相加算する同相加算手段と、前記同相加算結果を用いて数スロット間にわたる電力の平均化処理を行い、平均電力遅延プロファイルを生成する平均電力遅延プロファイル手段と、前記平均電力遅延プロファイルに基づいてパスを選択す

るためのしきい値を生成するしきい値生成手段と、前記平均電力遅延プロファイルと前記しきい値とを比較し、しきい値を越えたパスのパス位置とパス電力値とを出力する比較手段と、を備えることを特徴とする請求項1または2に記載のアダプティブアンテナ受信装置。

【請求項4】 複数のアンテナを用いて固定の指向性を有するビームを形成するビーム形成手段と、前記固定の指向性ビームに対応した複数のビーム信号を個別に逆拡散する逆拡散手段と、個別に求められた複数の逆拡散後信号に基づいて伝送路上のマルチパス波を検出し、検出結果として、パス位置情報および適応アルゴリズムを動作させるために必要な所定のビーム選択情報を出力するパス検出手段と、前記パス位置情報に基づいてパス毎にアダプティブビーム合成信号の伝送路を推定する伝送路推定手段と、前記パス毎の伝送路推定結果を前記複数の逆拡散後信号に対して個別に複素乗算する複素乗算手段と、全パス分の複素乗算結果とデータ判定結果と前記ビーム選択情報とを用いて1つの適応アルゴリズムを動作させることにより、全パス共通のウェイトを生成し、当該全パス共通のウェイトと前記複数の逆拡散後信号とを用いてパス毎にアダプティブビーム合成信号を形成するアダプティブビーム形成手段と、前記パス毎のアダプティブビーム信号を用いて、前記伝送路推定結果に応じた同相化を行う同相化手段と、全パス分の前記同相化後のアダプティブビーム信号を合成するパス合成手段と、前記パス合成後の信号に含まれるデータを判定するデータ判定手段と、を備えることを特徴とするアダプティブアンテナ受信装置。

【請求項5】 前記伝送路推定手段、前記複素乗算手段、前記アダプティブビーム形成手段、前記同相化手段および前記パス合成手段の組み合わせで構成される複数のアダプティブビーム形成グループと、前記アダプティブビーム形成グループ出力をさらに合成するグループ合成手段と、を備え、前記データ判定手段は、前記グループ合成手段出力の信号に含まれるデータを判定することを特徴とする請求項4に記載のアダプティブアンテナ受信装置。

【請求項6】 前記伝送路推定手段、前記複素乗算手段、前記アダプティブビーム形成手段、前記同相化手段、送信スロットに付加された既知系列に基づいて前記パス毎のアダプティブビーム合成信号から干渉量を推定する干渉量推定手段、前記同相化後のアダプティブビーム信号をパス毎に推定された干渉量に基づいて正規化する正規化手段、全パス分の正規化後のアダプティブビーム信号を合成するパス合成手段、の組み合わせで構成さ

れる複数のアダプティブビーム形成グループと、前記アダプティブビーム形成グループ出力をさらに合成するグループ合成手段と、を備え、前記データ判定手段は、前記グループ合成手段出力の信号に含まれるデータを判定することを特徴とする請求項 4 に記載のアダプティブアンテナ受信装置。

【請求項 7】 前記パス検出手段は、前記ビーム毎の逆拡散後信号を用いて個別にパス位置およびパス電力値を求めるビーム毎パス検出手段と、パス位置の異なるパスのなかから、パス電力値の大きな方から順に、所定数のパスを選択し、選択結果としてパス位置情報を出力するパス選択部と、を備え、さらに、前記各ビーム毎パス検出手段は、前記ビーム毎の逆拡散後信号のスロット単位に設けられた既知系列を利用して 1 スロット内の全シンボルを同相加算する同相加算手段と、前記同相加算結果を用いて数スロット間にわたる電力の平均化処理を行い、平均電力遅延プロファイルを生成する平均電力遅延プロファイル手段と、前記平均電力遅延プロファイルに基づいてパスを選択するためのしきい値を生成するしきい値生成手段と、前記平均電力遅延プロファイルと前記しきい値とを比較し、しきい値を越えたパスのパス位置とパス電力値とを出力する比較手段と、前記パス位置および前記パス電力値に基づいてビーム毎のパス電力の総和を算出し、最も総和の大きなビームの選択を行い、選択結果としてビーム選択情報を生成するビーム選択情報生成手段と、を備えることを特徴とする請求項 4、5 または 6 に記載のアダプティブアンテナ受信装置。

【請求項 8】 前記アダプティブビーム形成手段は、適応アルゴリズムが初期状態のとき、パスが検出されたビームに対するウェイトを 1 とし、その他のビームに対するウェイトを 0 とすることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 つに記載のアダプティブアンテナ受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、スペクトル拡散変調方式を用いた符号分割多元接続 (CDMA) 方式を採用する移動体通信システムのアダプティブアンテナ受信装置に関するものであり、特に、周囲の建物や地形を起因とする電波の反射、回折、散乱によりマルチパス波がお互いに干渉する周波数選択性フェージング伝送路に対応可能なアダプティブアンテナ受信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 以下、従来の受信装置について説明する。従来の受信装置としては、たとえば、文献「DS-

CDMA 適応アレイアンテナダイバーシチの室内伝送実験特性、電子情報通信学会 信学技報 RCS98-94 p. 33-38 1998 年 9 月」、および「ブロードバンド DS-CDMA におけるコヒーレント Rake 受信の室内実験特性、電子情報通信学会 信学技報 RCS99-129 p. 57-62 1999 年 10 月」に記載されたものがある。

【0003】 図 9 は、上記従来の受信装置の構成を示す図である。図 9 において、201-1, 201-2, 201-N は N 本のアンテナであり、202-1, 202-2, 202-N はバンドパスフィルタ (BPF) であり、203-1, 203-2, 203-N は逆拡散部であり、204 はパス検出部であり、205-1, 205-2, 205-L はマルチパス波の影響を受けた逆拡散後信号を受け取り、L 個のパスに対してパス毎にビームを形成するビーム形成部であり、206 は加算部であり、207 はデータ判定部である。

【0004】 また、上記各ビーム形成部において、221-1, 221-2, 221-N は複素乗算器であり、222 は遅延器であり、223 はウェイト制御部であり、224 は加算部であり、225 は複素乗算器であり、226 は複素共役算出部であり、227 は複素乗算器であり、228 は減算器であり、229 は個々のパスに対して伝送路推定を行う伝送路推定部である。

【0005】 また、図 10 は、上記パス検出部 204 の構成を示す図である。図 10 において、300 は伝送路推定部であり、301 は平均電力値算出部であり、302 はしきい値算出部であり、303 は判定部であり、304 はパス選択部であり、逆拡散後の信号から複数のパスを検出する。

【0006】 なお、図 11 は、送信スロットのフォーマットを示す図である。送信スロットは、パイロットシンボル部分 (既知系列) とデータ部分から構成される。また、図 12 は、周波数選択性フェージング伝送路のインパルス応答の一例を示す図である。移動体通信システムにおいては、周囲の建物や地形を起因とする電波の反射、回折、散乱により、複数の伝送路を経た波 (マルチパス波) が到来し、お互いに干渉する。ここでは、マルチパス波となった信号が受信アンテナに入力される場合を示している。

【0007】 ここで、上記従来の受信装置の動作を図 9 および図 10 を用いて説明する。N 本のアンテナ 201-1～N で受信した移動局からの信号は、それぞれ BPF 202-1～N でろ波され、所望の帯域制限がなされる。帯域制限後の信号を受け取った逆拡散部 203-1～N では、送信側で用いられた拡散符号系列と同じ系列を用いて逆拡散を行う。

【0008】 パス検出部 204 では、1 つのアンテナ出力を用いて、マルチパス波の影響を受けた逆拡散後の信号から L 個のパスの選択を行う。具体的にいうと、パス検出部 204 では、まず、伝送路推定部 300 が、スロ

ットごとに設けられたパイロットシンボルを用いて、1スロット内の全シンボルを同相加算して瞬時の伝送路推定値を求める。つぎに、平均電力値算出部301が、その伝送路推定値を用いて数スロット間にわたって電力平均化処理を行い、平均電力遅延プロファイルを算出する。つぎに、しきい値算出部302が、平均電力遅延プロファイルの中で最も電力の小さいパスの電力を雑音とみなし、さらに、この最も電力の小さいパスの電力からΔdBだけ大きい電力をパス選択のためのしきい値とする。つぎに、判定部303が、平均電力遅延プロファイルとしきい値との比較を行い、しきい値よりも大きな平均電力値を有するパスを所望信号に対するマルチパスとし、当該パスの時間的な位置情報およびパス電力値を出力する。

【0009】なお、各ビーム形成部では、H/W的あるいはS/W的な制約から、一般に予め定められたL個のパスに対して信号処理が行われることが多い。そこで、パス検出部204では、最後に、パス選択部304が、パスの平均電力値の大きな方から順に、L個の有効なパスを選択する。そして、選択されたパスの時間的な位置が、パス位置情報として各ビーム形成部へ出力される。また、逆拡散後の信号は、パス検出部204にて検出されたパス毎に分離され、それぞれビーム形成部205-1〜Lに送られる。

【0010】ビーム形成部205-1〜Lでは、検出されたパス毎にビームを形成する。なお、ここでは、ビーム形成部205-1が第1番目のパスに対して信号処理を行い、順にビーム形成部205-2〜Nが第2番目〜第L番目のパスに対して信号処理を行う。

【0011】ここで、上記各ビーム形成部の動作を詳細に説明する。ウェイト制御部223では、LMS (Least Mean Square) 等の適応アルゴリズムに基づくウェイトの計算を行い、複素乗算器221-1〜Nでは、各ア

$$W_i(k+1) = W_i(k) + \mu \frac{X_i(k-\tau)}{\|X_i(k-\tau)\|^2} e_i^*(k)$$

【0016】ただし、 $\|\cdot\|$ はノルムを表し、kはk番目のサンプリング時刻 ($t = kT_s$: T_s はサンプリング周期) に対応し、*は複素共役を表す。さらに、 $X_i(k)$ は各アンテナで受信した逆拡散後の信号の第1番目のパスのベクトル表現であり、 $X_i(k) = [x_i(1, k), x_i(2, k), \dots, x_i(N, k)]^T$ であり、 $W_i(k)$ は第1番目のパスに対する各アンテナへのウェイトのベクトル表現であり、 $W_i(k) = [w_i(1, k), w_i(2, k), \dots, w_i(N, k)]^T$ である。なお、 $W_i(k)$ の初期値は $W_i(0) = [1, 0, \dots, 0]^T$ であり、 μ はステップサイズであり、 τ はウェイト制御部223に入力されるまでの一連の処理に必要な遅延時間である。

【0017】以上、従来の受信装置では、上記周波数選択性フェージング伝送路において、パス検出されたL個

*アンテナからの受信信号に対してビーム形成のための複素ウェイトを乗算する。加算部224では、複素ウェイトが乗算された各アンテナの受信信号を合成し、指向性を有するアンテナ合成後の信号を生成する。

【0012】伝送路推定部229では、スロット (図1参照) 毎に備えられたパイロットシンボルを用いて、第1番目のパスに対する伝送路推定値 (複素値) を算出する。複素共役算出部226では、伝送路推定値の複素共役値を算出する。複素乗算器225では、当該複素共役値と加算部224出力の合成後信号とを乗算し、信号振幅に比例した重み付けおよび位相変動の除去が行われた信号を出力する。

【0013】第1番目〜第L番目のパスの信号を同時に受け取った加算部206では、パス毎に同相化された信号を合成する。最後に、データ判定部207では、加算部206出力に対して硬判定を行い、その結果を復調結果として出力する。なお、上記復調結果は、各パスのビームを形成する際の参照信号として用いるため、分岐されて各ビーム形成部に送られる。

【0014】つぎに、第1番目のパスに対応するビーム形成部205-1を用いて、適応アルゴリズムによる各アンテナへのウェイト決定方法を説明する。まず、複素乗算器227では、データ判定部207出力と伝送路推定部229出力との複素乗算を行うことで参照信号を生成する。つぎに、減算器228では、複素乗算器227出力と加算部224出力との減算処理を行い、第1番目のパスに対する誤差信号 $e_1(k)$ を生成する。最後に、ウェイト制御部223では、誤差信号 $e_1(k)$ を受け取り、適応アルゴリズムの正規化LMSに基づいて、(1)のように、ウェイトを更新する。

【0015】

【数1】

(1)

のパスに対して、適応アルゴリズムを用いて個別にビームを形成し、伝送路推定値に応じて重み付け合成 (RAKE合成) を行う手法により、干渉信号にノルムを向けながら所望信号に関するSIR (信号対干渉波電力比) の改善を図っている。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記、従来の受信装置では、アダプティブアレイアンテナでビームを形成する前の初期状態に、移動局から基地局へのマルチパスの到来方向がわからないため、一般に指向性の鋭いビームを形成することができず、ブロードな指向性を有する1つのアンテナが利用される。そのため、パス検出を1つのアンテナで行う場合で、かつ干渉量が多いときには、パスの信号品質に応じて精度よくパス検出を行うことが難しくなる、という問題があった。

【0019】さらに、従来の受信装置では、パス検出の結果に基づいて、アダプティブアレイアンテナでビームを形成する際の初期状態時に、上記と同様の理由から、1つのアンテナを利用するようにウェイトの初期値が設定される。この場合、適応アルゴリズムに基づいてビームを形成する処理に多くの時間を要するため、移動局の送信側では、基地局側でビーム形成が終わるまでの信号処理を行っている間、基地局受信側で所要品質が満たせるように多くの送信信号電力が必要となる。そのため、基地局受信側では、瞬時的に干渉電力が増大することとなり、理想的なチャネル容量を得ることが難しくなる、という問題があった。

【0020】また、従来の受信装置では、検出された1個のパスに対して、各々1つの適応アルゴリズムを準備する必要があるため、ハードウェア規模が増大する、という問題があった。

【0021】また、従来の受信装置では、検出されたパスであれば、受信電力が小さなパスに対しても、パス単位に適応アルゴリズムを動作させる必要があることから、適応アルゴリズムの収束までの時間が増加し、収束までの間、干渉電力を十分に抑圧することができない、という問題があった。

【0022】本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、パスの信号品質に応じた精度よいパス検出および受信品質の向上を実現するとともに、さらにハードウェアおよびソフトウェアの規模の低減を実現することが可能なアダプティブアンテナ受信装置を得ることを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置にあっては、複数のアンテナを用いて固定の指向性を有するビームを形成するビーム形成手段（後述する実施の形態のビーム形成部103に相当）と、前記固定の指向性ビームに対応した複数のビーム信号を個別に逆拡散する逆拡散手段（逆拡散部104-1～Hに相当）と、個別に求められた複数の逆拡散後信号に基づいて伝送路上のマルチパス波を検出し、検出結果としてパス位置情報を出力するパス検出手段（パス検出部105に相当）と、前記パス位置情報に基づいてパス毎にアダプティブビーム合成信号の伝送路を推定する伝送路推定手段（伝送路推定部126に相当）と、前記パス毎の伝送路推定結果を前記複数の逆拡散後信号に対して個別に複素乗算する複素乗算手段（複素乗算器121-1～Hに相当）と、各パスにおける複数の複素乗算結果とデータ判定結果とを用いてパス毎に適応アルゴリズムを動作させることにより、パス毎のウェイトを生成し、当該ウェイトと前記複数の逆拡散後信号とを用いてパス毎にアダプティブビーム合成信号を形成するアダプティブビーム形成手段（遅延器122、ウェイト制御部

123、複素乗算器124-1～H、加算部125に相当）と、前記パス毎のアダプティブビーム信号を用いて、前記伝送路推定結果に応じた同相化を行う同相化手段（複素乗算器128に相当）と、全パス分の前記同相化後のアダプティブビーム信号を合成するパス合成手段（加算部107に相当）と、前記パス合成後の信号に含まれるデータを判定するデータ判定手段（データ判定部108に相当）と、を備えることを特徴とする。

【0024】つぎの発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置にあっては、さらに、送信スロットに付加された既知系列に基づいて、前記パス毎のアダプティブビーム合成信号から干渉量を推定する干渉量推定手段（干渉量推定部129に相当）と、前記同相化後のアダプティブビーム信号をパス毎に推定された干渉量に基づいて正規化する正規化手段（正規化部130に相当）と、を備え、前記パス合成手段は、全パス分の正規化後のアダプティブビーム信号を合成することを特徴とする。

【0025】つぎの発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置において、前記パス検出手段は、前記ビーム毎の逆拡散後信号を用いて個別にパス位置およびパス電力値を求めるビーム毎パス検出手段（ビーム毎パス検出部401-1～Hに相当）と、パス位置の異なるパスのなかから、パス電力値の大きな方から順に、所定数のパスを選択し、選択結果としてパス位置情報を出力するパス選択部（パス選択部402に相当）と、を備え、さらに、前記各ビーム毎パス検出手段は、前記ビーム毎の逆拡散後信号のスロット単位に設けられた既知系列を利用して1スロット内の全シンボルを同相加算する同相加算手段（伝送路推定部403に相当）と、前記同相加算結果を用いて数スロット間にわたる電力の平均化処理を行い、平均電力遅延プロファイルを生成する平均電力遅延プロファイル手段（平均電力値算出部404に相当）と、前記平均電力遅延プロファイルに基づいてパスを選択するためのしきい値を生成するしきい値生成手段（しきい値算出部405に相当）と、前記平均電力遅延プロファイルと前記しきい値とを比較し、しきい値を越えたパスのパス位置とパス電力値とを出力する比較手段（判定部406に相当）と、を備えることを特徴とする。

【0026】つぎの発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置にあっては、複数のアンテナを用いて固定の指向性を有するビームを形成するビーム形成手段と、前記固定の指向性ビームに対応した複数のビーム信号を個別に逆拡散する逆拡散手段と、個別に求められた複数の逆拡散後信号に基づいて伝送路上のマルチパス波を検出し、検出結果として、パス位置情報および適応アルゴリズムを動作させるために必要な所定のビーム選択情報を出力するパス検出手段（パス検出部105bに相当）と、前記パス位置情報に基づいてパス毎にアダプティブビーム合成信号の伝送路を推定する伝送路推定手段と、前記パス毎の伝送路推定結果を前記複数の逆拡散後

信号に対して個別に複素乗算する複素乗算手段と、全パス分の複素乗算結果とデータ判定結果と前記ビーム選択情報とを用いて1つの適応アルゴリズムを動作させることにより、全パス共通のウェイトを生成し、当該全パス共通のウェイトと前記複数の逆拡散後信号とを用いてパス毎にアダプティブビーム合成信号を形成するアダプティブビーム形成手段(遅延器122、ウェイト制御部123b、複素乗算器124-1~H、加算部125に相当)と、前記パス毎のアダプティブビーム信号を用いて、前記伝送路推定結果に応じた同相化を行う同相化手段と、全パス分の前記同相化後のアダプティブビーム信号を合成するパス合成手段と、前記パス合成後の信号に含まれるデータを判定するデータ判定手段と、を備えることを特徴とする。

【0027】つぎの発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置にあっては、前記伝送路推定手段、前記複素乗算手段、前記アダプティブビーム形成手段、前記同相化手段および前記パス合成手段の組み合わせで構成される複数のアダプティブビーム形成グループ(アダプティブビーム形成グループ151-1~Mに相当)と、前記アダプティブビーム形成グループ出力をさらに合成するグループ合成手段(加算部141に相当)と、を備え、前記データ判定手段は、前記グループ合成手段出力の信号に含まれるデータを判定することを特徴とする。

【0028】つぎの発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置にあっては、前記伝送路推定手段、前記複素乗算手段、前記アダプティブビーム形成手段、前記同相化手段、送信スロットに付加された既知系列に基づいて、前記パス毎のアダプティブビーム合成信号から干渉量を推定する干渉量推定手段、前記同相化後のアダプティブビーム信号をパス毎に推定された干渉量に基づいて正規化する正規化手段、全パス分の正規化後のアダプティブビーム信号を合成するパス合成手段、の組み合わせで構成される複数のアダプティブビーム形成グループ(アダプティブビーム形成グループ151d-1~Mに相当)と、前記アダプティブビーム形成グループ出力をさらに合成するグループ合成手段(加算部141に相当)と、を備え、前記データ判定手段は、前記グループ合成手段出力の信号に含まれるデータを判定することを特徴とする。

【0029】つぎの発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置において、前記パス検出手段は、前記ビーム毎の逆拡散後信号を用いて個別にパス位置およびパス電力値を求めるビーム毎パス検出手段と、パス位置の異なるパスのなかから、パス電力値の大きな方から順に、所定数のパスを選択し、選択結果としてパス位置情報を出力するパス選択部と、を備え、さらに、前記各ビーム毎パス検出手段は、前記ビーム毎の逆拡散後信号のスロット単位に設けられた既知系列を利用して1スロット内の全シンボルを同相加算する同相加算手段と、前記同相加算

結果を用いて数スロット間にわたる電力の平均化処理を行い、平均電力遅延プロファイルを生成する平均電力遅延プロファイル手段と、前記平均電力遅延プロファイルに基づいてパスを選択するためのしきい値を生成するしきい値生成手段と、前記平均電力遅延プロファイルと前記しきい値とを比較し、しきい値を越えたパスのパス位置とパス電力値とを出力する比較手段と、前記パス位置および前記パス電力値に基づいてビーム毎のパス電力の総和を算出し、最も総和の大きなビームの選択を行い、選択結果としてビーム選択情報を生成するビーム選択情報生成手段(ビーム選択部407に相当)と、を備えることを特徴とする。

【0030】つぎの発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置において、前記アダプティブビーム形成手段は、適応アルゴリズムが初期状態のとき、パスが検出されたビームに対するウェイトを1とし、その他のビームに対するウェイトを0とすることを特徴とする。

【0031】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0032】実施の形態1. 図1は、本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態1の構成を示す図である。本実施の形態では、符号分割多元接続(CDMA)方式を採用する移動体通信システムにて使用されるアダプティブアンテナ受信装置について説明する。なお、送信スロットのフォーマットについては、先に説明した図11の構成をとるものとする。

【0033】図1において、101-1, 101-2, 101-NはN本のアンテナであり、102-1, 102-2, 102-Nはバンドパスフィルタ(BPF)であり、103は複数の固定の指向性ビームを形成するビーム形成部であり、104-1, 104-2, 104-Hは逆拡散部であり、105はパス検出部であり、106-1, 106-2, 106-Lは、検出されたパス単位に、適応アルゴリズムを用いてアダプティブにビームを形成するアダプティブビーム形成部であり、107は加算部であり、108はデータ判定部である。

【0034】また、上記各アダプティブビーム形成部において、121-1, 121-2, 121-H, 124-1, 124-2, 124-Hは複素乗算器であり、125は加算部であり、126は個々のパスに対して伝送路推定を行う伝送路推定部であり、127は複素共役算出部であり、128は複素乗算器であり、122は遅延器であり、123はウェイト制御部である。

【0035】図2は、上記パス検出部105の構成を示す図である。図2において、401-1, 401-2, 401-Hは、第1, 2, H番目のビームにおけるビーム毎パス検出部であり、402は各ビーム毎パス検出部

の出力から最大 L 個のパスを選択するパス選択部であり、パス検出部105は、第1～ H 番目の固定ビーム毎の逆拡散後信号からパスの検出を行うものである。また、上記各ビーム毎パス検出部において、403は伝送路推定部であり、404は平均電力値算出部であり、405はしきい値算出部であり、406は判定部である。なお、各ビーム毎パス検出部の構成は同一であり、ここでは、ビーム毎パス検出部401-1の構成を一例にとり説明を行う。

【0036】以下、本実施の形態のアダプティブアンテナ受信装置の動作を図面を用いて詳細に説明する。まず、 N 本のアンテナ101-1～ N で受信した移動局からの信号は、それぞれBPF102-1～ N でろ波され、所望の帯域制限がなされる。

【0037】ビーム形成部103では、帯域制限後の信号を受け取り、 H 個の固定ビームのパターンを形成する。図3は、ビーム形成部103で生成される H 個の固定ビームのパターンを示す図である。逆拡散部104-1～ N では、移動局からの到来角に応じて H 個のビームで受け取った信号に対して、送信側で用いられた拡散符号系列(PN系列)と同じ系列により逆拡散を行う。

【0038】パス検出部105では、マルチパス波の影響を受けた逆拡散後の信号を用いてパスの検出を行い、パス電力の大きなものから順に、パス位置が時間的に異なる最大 L 個のパスを選択する。具体的にいうと、まず、ビーム毎パス検出部401-1では、伝送路推定部403が、ビーム#1に対する逆拡散信号のロットごとに設けられたパイロットシンボルを利用して、1ロット内の全シンボルを同相加算する。この平均化処理により雑音の影響が低減された伝送路推定値が求められる。つぎに、平均電力値算出部404が、伝送路推定部403出力の伝送路推定値を用いて数スロット間にわたる電力平均化処理を行い、予め定められた時間内の平均電力遅延プロファイルを算出する。つぎに、しきい値算出部405が、平均電力遅延プロファイル内の最も電力の小さいパスの電力を雑音および干渉電力とみなし、このパスの電力よりも任意に定められた Δ dBだけ大きい電力をパス選択のためのしきい値とする。最後に、判定部406が、平均電力値算出部404出力としきい値算出部405出力との比較を行い、しきい値を越えたパスの時間的な位置を表すパス位置情報と当該パスの平均電力値とを出力する。なお、第2番目～第 H 番目のビーム毎パス検出部でも、上記第1番目のビーム毎パス検出部401-1と同様の信号処理が行われる。

【0039】また、パス選択部402では、第1～ H 番目のビームで検出されたパス位置の異なるパスのなかから、パス電力値の大きな方から順に、最大 L 個のパスを選択する。そして、パス選択部402では、選択されたパスの空間/時間的なパス位置を、パス位置情報としてアダプティブビーム形成部106-1～ L へ出力する。

【0040】ここで、第1番目のパスに対応するアダプティブビーム形成部106-1を一例として、各アダプティブビーム形成部の動作を説明する。なお、第2～ L 番目のパスに対応するアダプティブビーム形成部については、第1番目のパスに対応するアダプティブビーム形成部106-1と同一の構成であるため、その説明を省略する。

【0041】アダプティブビーム形成部106-1では、パス検出部105から出力される第1番目のパス位置情報に基づいて、 H 個のビームの逆拡散後信号から第1番目のパスの逆拡散後信号 $x_i(1, k)$, $x_i(2, k)$, ..., $x_i(H, k)$ を受け取る(ただし、 i は第1番目のパスに対する処理であること意味し、ここでは、 $i=1$ となる)。

【0042】複素乗算器124-1～ H では、上記第1番目のパスの逆拡散信号と、ウェイト制御部123が算出した複素値のウェイト $w_i(1, k)$, $w_i(2, k)$, ..., $w_i(H, k)$ と、が複素乗算される(ただし、 i は第1番目のパスに対する処理であること意味し、ここでは、 $i=1$ となる)。加算部125では、複素乗算器124-1～ H 出力の加算処理が行われ、この加算結果が指向性を有するビーム信号(アダプティブビーム合成信号)となる。

【0043】伝送路推定部126では、図11に示すスロット毎に備えられたパイロットシンボルを用いて、第1番目のパスに対する伝送路推定値(複素値)を算出する。さらに、複素共役算出部127では、上記伝送路推定値の複素共役値を算出する。そして、複素乗算器128では、複素共役算出部127出力と加算部125出力とを乗算し、信号振幅に比例した重み付けおよび位相変動の除去が行われた信号を出力する。

【0044】その後、加算部107では、第1番目のパスに対応する信号出力と、同様の処理で出力された第2番目～第 L 番目のパスに対応する信号出力と、を受け取り、パス毎に同相化されたアダプティブビーム合成信号を合成する。データ判定部108では、加算部107出力に対して硬判定を行い、その結果を復調結果として出力する。なお、データの復調結果は、それぞれパス単位に分歧され、各パスに対応するアダプティブビーム形成部106-1～ L に送られる。

【0045】また、上記複素共役算出部127出力は複素乗算器121-1～ H に送られ、複素乗算器121-1～ H では、それぞれ第1番目～ H 番目のビームの逆拡散後信号と複素共役算出部127出力との複素乗算が行われ、フェージングによる位相変動成分が除去された第1番目～ H 番目のビームの逆拡散後信号 $y_i(1, k)$, $y_i(2, k)$, ..., $y_i(H, k)$ を算出する(ただし、 i は第1番目のパスに対する処理であること意味し、ここでは、 $i=1$ となる)。遅延器122では、各複素乗算器121-1～ H 出力を、ビーム形成の

ために必要となる参照信号（すなわち、データ判定結果）がウェイト制御部123に入力されるまでの処理遅延時間 τ 分（ τ は離散的なシンボル単位の遅延量）だけ遅延させる。

【0046】つぎに、アダプティブビーム形成のための適応アルゴリズムとしてSMI（Sample Matrix Inversion）を用いた場合を一例とし、ウェイト制御部123の動作、すなわち、各ビームへのウェイト決定方法を説明する。ウェイト制御部123では、遅延器122から、遅延量が調整された、1番目のパスに対応する第1番目～H番目のビームの逆拡散後信号 $y_1(1, k-\tau)$, $y_1(2, k-\tau)$, ..., $y_1(H, k-\tau)$ を受け取る（ただし、 k は離散的な時刻を示すシンボルの番号を示し、 τ は処理遅延量を表す）。また、データ判定*

$$W_1(k) = R_{Y_1 Y_1}(k-\tau)^{-1} r_{Y_1 d}(k-\tau) \quad (2)$$

ただし、 $R_{Y_1 Y_1}(k)$ は入力ベクトル $Y_1(k)$ の相関行列を表し、 $r_{Y_1 d}(k)$ は相関ベクトルを表している。

【0049】なお、 $k-\tau < 1$ の場合、あるいは、パケット伝送のように送信フレームが連続的に伝送されない場合は、ウェイトベクトル $W_1(k)$ の初期状態として、パス検出部105が出力するパスの空間的な位置情報（パス検出情報）に基づいて、第1～H番目のビームのなかからパスが検出されたビームに対するウェイトを1とし、残りを0としてビーム形成を行う。たとえば、※

$$R_{Y_1 Y_1}(k-\tau) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_1(k-\tau-i) Y_1^H(k-\tau-i) \quad (3)$$

【0052】ただし、 H は複素共役転置を表す記号である。

【0053】また、第1番目のパスに対する相関ベクトル★

$$r_{Y_1 d}(k-\tau) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_1(k-\tau-i) d^*(k-\tau-i) \quad (4)$$

【0055】ただし、 $*$ は複素共役値を表す。

【0056】つぎに、上記（2）式で得られた第1番目のパスのウェイトベクトル $W_1(k)$ を用いて、適応アルゴリズムによるビームの形成が行われる。ここでは、相関行列 $R_{Y_1 Y_1}(k)$ の逆行列演算の簡単化のため、相

$$r_{Y_1 d}(1) = Y_1(1) d^*(1)$$

$$r_{Y_1 d}(k) = \beta r_{Y_1 d}(k-1) + (1-\beta) Y_1(k) d^*(k) \quad (5)$$

$k=2, 3, \dots$

ただし、 β は $0 < \beta < 1$ を満たす実数パラメータであり、推定の時定数をコントロールするものである。

【0058】また、相関行列 $R_{Y_1 Y_1}(k)$ は（6）式で◆

$$R_{Y_1 Y_1}^{-1}(k) = \frac{1}{\beta} R_{Y_1 Y_1}^{-1}(k-1) - \frac{(1-\beta) R_{Y_1 Y_1}^{-1}(k-1) Y_1(k) Y_1^H(k) R_{Y_1 Y_1}^{-1}(k-1)}{\beta^2 + \beta(1-\beta) Y_1^H(k) R_{Y_1 Y_1}^{-1}(k-1) Y_1(k)} \quad (6)$$

$k=2, 3, \dots$

【0060】したがって、上記（5）および（6）式に基づいて、 $R_{Y_1 Y_1}^{-1}(k-\tau)$ 、 $r_{Y_1 d}(k-\tau)$ を算出後、当該算出結果を（2）式に対して代入すること

*部108からは、復調結果である参照信号 $d(k-\tau)$ を受け取る（ただし、複素共役値であり、 k は離散的な時刻を示すシンボルの番号を示し、 τ は処理遅延量を表す）。

【0047】また、遅延器122の出力信号をベクトル表現すると、第1番目のパスに対する信号ベクトルは、 $Y_1(k-\tau) = [y_1(1, k-\tau), y_1(2, k-\tau), \dots, y_1(H, k-\tau)]^T$ となり、同様に、第1番目のパスに対するウェイト制御部123出力のウェイトベクトルは、 $W_1(k) = [w_1(1, k), w_1(2, k), \dots, w_1(H, k)]^T$ となる。

【0048】したがって、第1番目のパスのウェイトベクトル $W_1(k)$ は、（2）式で表すことができる。

※第1番目のパスが第1番目のビームで検出されたという位置情報を取得した場合、第1番目のパスに対応するアダプティブビーム形成部106-1では、第1番目のパスに対するウェイトベクトルとして、 $W_1(k) = [1, 0, \dots, 0]^T$ を設定する。

【0050】また、上記相関行列 $R_{Y_1 Y_1}(k)$ は、（3）式で表すことができる。

【0051】

【数2】

★ル $r_{Y_1 d}(k-\tau)$ は、（4）式で表すことができる。

【0054】

【数3】

☆関ベクトル $r_{Y_1 d}(k)$ も含めて、以下に示されるアルゴリズムに従い、再帰的に演算処理を行う。

【0057】相関ベクトル $r_{Y_1 d}(k)$ は（5）式で算出できる。

◆算出できる。

【0059】

【数4】

で、第1番目のパスに対するウェイトベクトル $W_1(k)$ を算出することができる。

【0061】なお、本実施の形態では、ビームを形成す

するためのウェイトの決定に、SMIという適応アルゴリズムを用いた場合について説明したが、必ずしもSMIである必要はなく、たとえば、RLSおよびLMS等の既知の適応アルゴリズムを用いることとしてもよい。

【0062】このように、本実施の形態においては、パス検出を行う際に、予め定められた指向性を有する複数のビームを用いてサービス可能なエリアをカバーし、固定の指向性ビーム単位にパス検出を行う構成とした。これにより、サービスするエリア内で干渉量が多い場合においても、固定の指向性ビーム単位の干渉電力が抑えられるため、パス検出を精度よく行うことができる。

【0063】また、本実施の形態においては、予め定められた固定の指向性ビームを用いて適応アルゴリズムを動作させる構成とした。これにより、ビームごとの干渉量が低減され、SIRが高められるため、適応アルゴリズムにより形成されるアダプティブビームを迅速に形成することが可能となる。

【0064】また、本実施の形態においては、パス毎に同相化されたアダプティブビーム合成信号を用い、かつ適応アルゴリズムを利用して、パス単位にアダプティブビームを形成する構成とした。これにより、フェージング変動ならびにサービスするエリア内で受ける干渉の影響を軽減しながら、通信品質を向上させることができる。

【0065】また、本実施の形態においては、ウェイトの初期状態時、あるいは、パケット伝送時のように連続して伝送が行われない場合で、さらにアダプティブアンテナの適応アルゴリズムが初期状態のとき、固定の指向性ビーム単位に検出されたパスを、その信号レベルに応じて重み付けした後、合成する構成とした。これにより、ビーム形成および適応アルゴリズムが収束するまでの時間を短縮できるとともに、さらに、サービスするエリア内で受ける干渉の影響を軽減しながら、通信品質を向上させることができる。

【0066】実施の形態2. 本実施の形態では、前述の実施の形態1の構成に加えて、干渉量推定部と、干渉*

$$\sigma_i^2(k_s) = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^P |Z_i(k_s, j) \cdot P_s(k_s, j) - \eta_i(k_s)|^2$$

【0071】ただし、 $P_s^*(k_s, j)$ は、 $P_s(k_s, j)$ の複素共役値であり、 P は1スロット中のパイロットシンボル数を表す。

【0072】また、干渉量推定部129では、(8)式にしたがって、得られた干渉量 $\sigma_{i^2}(k_s)$ を複数スロ ※

$$I_i(k_s) = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \sigma_i^2(k_s - S)$$

【0074】ただし、 S は平均化に使用するスロット数を表す。

【0075】その後、干渉量推定部129出力と複素乗算器128出力とを受け取った正規化部130では、複

*量推定部が算出する干渉量を用いて正規化を行う正規化部と、を追加した。ここでは、説明の簡略化のため、実施の形態1と異なる動作について説明を行う。

【0067】図4は、本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態2の構成を示す図である。ここでは、干渉量推定部と正規化部の動作について説明する。なお、送信スロットのフォーマットについては、実施の形態1と同様、図11の構成を用いる。また、前述の実施の形態1と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0068】図4において、106a-1, 106a-2, ..., 106a-Lは、検出されたパス単位に、適応アルゴリズムを用いてアダプティブにビームを形成するアダプティブビーム形成部であり、129は干渉量推定部であり、130は正規化部である。

【0069】以降、説明の簡略化のため、第1番目のパスに対応するアダプティブビーム形成部106a-1の動作について説明する。干渉量推定部129では、第1番目のパスに対して形成されたアダプティブビームの合成信号である加算部125の出力 $Z_1(k_s, j)$ から干渉量を算出するために(ただし、 k_s はスロットであり、 j は第 k_s 番目のスロットにおける第 j 番目のパイロットシンボルである)、第 k_s 番目のスロット内のパイロットシンボル $P_s(k_s, j)$ を全シンボル分同相加算し(ただし、 $|P_s(k_s, j)| = 1$)、第1番目のパスにおける第 k_s 番目のスロットに対する伝送路推定値 $\eta_1(k_s)$ を算出する(ただし、 $\eta_1(k_s)$ は複素数である)。すなわち、干渉量推定部129では、伝送路推定値 $\eta_1(k_s)$ と第1番目のパスに対するアダプティブビームの合成信号 $Z_1(k_s, j)$ とを用いて、(7)式に示すように、第1番目のパスのアダプティブビーム合成信号に対する第 k_s 番目のスロットの干渉量 $\sigma_{i^2}(k_s)$ を算出する。

【0070】

【数5】

(7)

※ットにわたって平均化し、第1番目のパスのアダプティブビーム合成信号における第 k_s 番目のスロットの干渉量推定値 $I_1(k)$ を算出する。

【0073】

【数6】

(8)

素乗算器128出力を干渉量推定部129出力で割ることにより、干渉量で正規化された第1番目のパスのアダプティブビーム合成信号を生成する。

【0076】このように、本実施の形態においては、移

動局の位置が瞬間的に偏在するか、もしくは伝送速度が異なることにより送信信号電力の異なる移動局が存在し、アダプティブアレイアンテナにより形成されるビーム単位の干渉電力が同一と見なせない場合に、パス単位のアダプティブビーム合成信号を、干渉量に応じた重み付けを行った後、合成する構成とした。これにより、前述の実施の形態1と同様の効果が得られるとともに、さらに、受信SIRを最大化することが可能となるため、理想的なチャネル容量を得ることができる。

【0077】実施の形態3. 本実施の形態では、ウェイト制御部への入力信号が固定の指向性ビーム数分となり、さらに、ウェイト制御部で生成されたウェイトが全パスに適用される。すなわち、1つの移動局に対する基地局受信機側のウェイト制御部が一つとなる。ここでは、実施の形態1と異なる動作について説明する。

【0078】図5は、本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態3の構成を示す図である。なお、送信スロットのフォーマットについては、実施の形態1と同様、図11の構成を用いる。また、前述の実施の形態1と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0079】図5において、105bはパス検出部であり、106b-1, 106b-2, ..., 106b-Lは、検出されたパス単位の、適応アルゴリズムを用いてアダプティブにビームを形成するアダプティブビーム形成部であり、123bはウェイト制御部である。

【0080】図6は、上記パス検出部105bの構成を示す図である。図6において、401b-1, 401b-2, ..., 401b-Hは、第1, 2, ..., H番目のビームにおけるビーム毎パス検出部であり、402はパス選択部であり、407は複数の固定ビームのなかから受信状態の最もよいビームを選択するビーム選択部であり、パス検出部105bでは、第1~H番目の固定ビーム毎の逆拡散後信号からパスの検出、ならびに受信状態のよいビームの選択を行う。

【0081】以下、本実施の形態のアダプティブアンテナ受信装置の動作を、図面を用いて詳細に説明する。なお、ここでは、前述の実施の形態1と異なる動作についてのみ説明する。本実施の形態のパス検出部105bでは、実施の形態1の動作に加えて、ビーム選択部407が、パス位置(時間)、パス位置(空間)およびパス電力値に関する情報を用いて、ビーム毎のパス電力の総和を算出し、最もパス電力の総和の大きなビームの選択を行い、その後、当該ビーム選択結果をウェイト制御部123bに出力する。

【0082】つぎに、第1番目のパスに対応するアダプティブビーム形成部106b-1とウェイト制御部123bの動作を説明する。なお、第2~L番目のパスに対応するアダプティブビーム形成部については、第1番目のパスに対応するアダプティブビーム形成部106b-

1と同一の構成であるためその説明を省略する。また、ここでも、前述の実施の形態1と異なる動作についてのみ説明する。

【0083】アダプティブビーム形成部106b-1では、パス検出部105bから出力される第1番目のパス位置情報に基づいて、H個のビームの逆拡散後信号から第1番目のパスの逆拡散後信号 $x_i(1, k)$, $x_i(2, k)$, ..., $x_i(H, k)$ を受け取る。

【0084】複素乗算器124-1~Hでは、上記第1番目のパスの逆拡散信号と、ウェイト制御部123bが算出した全パス共通の複素値のウェイト $w(1, k)$, $w(2, k)$, ..., $w(H, k)$ と、が複素乗算される。加算部125では、複素乗算器124-1~H出力の加算処理が行われ、この加算結果が指向性を有するビーム信号(アダプティブビーム合成信号)となる。

【0085】伝送路推定部126では、図11に示すスロット毎に備えられたパイロットシンボルを用いて、第1番目のパスに対する伝送路推定値(複素値)を算出する。さらに、複素共役算出部127では、上記伝送路推定値の複素共役値を算出する。そして、複素乗算器128では、複素共役算出部127出力と加算部125出力とを乗算し、信号振幅に比例した重み付けおよび位相変動の除去が行われた信号を出力する。

【0086】その後、加算部107では、第1番目のパスに対応する信号出力と、同様の処理で出力された第2番目~第L番目のパスに対応する信号出力と、を受け取り、パス毎に同相化されたアダプティブビーム合成信号を合成する。データ判定部108では、加算部107出力に対して硬判定を行い、その結果を復調結果として出力する。なお、データの復調結果は、参照信号としてウェイト制御部123bに送られる。

【0087】また、上記複素共役算出部127出力は複素乗算器121-1~Hに送られ、複素乗算器121-1~Hでは、それぞれ第1番目~H番目のビームの逆拡散後信号と複素共役算出部127出力との複素乗算が行われ、フェージングによる位相変動成分が除去された第1番目~H番目のビームの逆拡散後信号 $y_i(1, k)$, $y_i(2, k)$, ..., $y_i(H, k)$ を算出する(ただし、 i は第 i 番目のパスに対する処理であること意味し、ここでは、 $i=1$ となる)。遅延器122では、各複素乗算器121-1~H出力を、ビーム形成のために必要となる参照信号(すなわち、データ判定結果)がウェイト制御部123bに入力されるまでの処理遅延時間 τ 分(τ は離散的なシンボル単位の遅延量)だけ遅延させる。なお、ウェイト制御部123bが受け取る、各パス毎に遅延された複素乗算後の第1~H番目のビーム信号は、シンボルタイミングの精度で入力されるように、遅延時間があわせられている。

【0088】つぎに、アダプティブビーム形成のための適応アルゴリズムとしてSMI (Sample Matrix Invers

ion)を用いた場合を一例とし、ウェイト制御部123bの動作、すなわち、各ビームへのウェイト決定方法を説明する。ウェイト制御部123bでは、遅延器122から、遅延量が調整された、1番目のパスに対応する第1番目～H番目のビームの逆拡散後信号 $y_1(1, k-\tau)$, $y_1(2, k-\tau)$, ..., $y_1(H, k-\tau)$ を受け取る(ただし、 k は離散的な時刻を示すシンボルの番号を示し、 τ は処理遅延量を表す)。また、データ判定部108からは、復調結果である参照信号 $d(k-\tau)$ *

$$W(k) = R_{YY}(k-\tau)^{-1} r_{Yd}(k-\tau) \quad (9)$$

ただし、 $R_{YY}(k)$ は、(10)式で示すように、各パスの信号ベクトル $Y_i(k)$ を合成した信号の相関行列を表す。

$$R_{YY}(k-\tau) = \frac{1}{mL} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^m Y_j(k-\tau) Y_j^H(k-\tau-i) \quad (10)$$

【0092】 L は全パス数を表す。また、上記 $r_{Yd}(k)$ は、(11)式で示すように、各パスの信号ベクトル $Y_i(k)$ を合成した信号の相関ベクトルを表す ★

$$r_{Yd}(k-\tau) = \frac{1}{mL} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^m Y_j(k-\tau-i) d^*(k-\tau-i) \quad (11)$$

【0094】なお、 $k-\tau < 1$ の場合、あるいは、パケット伝送のように送信フレームが連続的に伝送されない場合は、ウェイトベクトル $W(k)$ の初期状態として、パス検出部105bが出力するビーム選択信号に基づいて、第1～H番目のビームのうち、パスの電力の総和が最も大きなビームに対するウェイトを1とし、残りを0としてビーム形成を行う。たとえば、第1番目のビームのパス電力の総和が一番大きいというビーム選択信号を取得した場合、ウェイト制御部123bでは、ウェイトベクトルとして、 $W(k) = [1, 0, \dots, 0]^T$ を ☆30

$$r_{Yd}(1) = \sum_{j=1}^L Y_j(1) d^*(1)$$

$$r_{Yd}(k) = \beta r_{Yd}(k-1) + (1-\beta) \sum_{j=1}^L Y_j(k) d^*(k)$$

$$k=2, 3, \dots \quad (12)$$

【0097】ただし、 β は $0 < \beta < 1$ を満たす実数パラメータであり、推定の時定数をコントロールするものである。

【0098】また、相関行列 $R_{YY}(k)$ は(13)式で ◆40

$$R_{YY}^{-1}(k) = \frac{1}{\beta} R_{YY}^{-1}(k-1) - \frac{(1-\beta) R_{YY}^{-1}(k-1) \sum_{j=1}^L Y_j(k) \cdot \sum_{j=1}^L Y_j^H(k) \cdot R_{YY}^{-1}(k-1)}{\beta^2 + \beta(1-\beta) \sum_{j=1}^L Y_j^H(k) \cdot R_{YY}^{-1}(k-1) \sum_{j=1}^L Y_j(k)} \quad (13)$$

【0100】したがって、上記(12)および(13)式に基づいて、 $R_{YY}^{-1}(k-\tau)$ 、 $r_{Yd}(k-\tau)$ を算出後、当該算出結果を(9)式に対して代入することで、ウェイトベクトル $W(k)$ を算出することができ

※を受け取る(ただし、複素共役値である)。

【0089】ここで、第1番目のパスに対する信号ベクトルは、 $Y_1(k-\tau) = [y_1(1, k-\tau), y_1(2, k-\tau), \dots, y_1(H, k-\tau)]^T$ となり、全パスに対するウェイト制御部123b出力のウェイトベクトルは、 $W(k) = [w(1, k), w(2, k), \dots, w(H, k)]^T$ となる。

【0090】したがって、第1番目のパスのウェイトベクトル $W_1(k)$ は、(9)式で表すことができる。

※【0091】

【数7】

★す。

【0093】

【数8】

☆設定する。

【0095】つぎに、上記(9)式で得られたウェイトベクトル $W(k)$ を用いて、適応アルゴリズムによるビームの形成が行われる。ここでは、相関行列 $R_{YY}(k)$ の逆行列演算の簡単化のため、相関ベクトル $r_{Yd}(k)$ も含めて、以下に示されるアルゴリズムに従い、再帰的に演算処理を行う。相関ベクトル $r_{Yd}(k)$ は(12)式で算出できる。

【0096】

【数9】

◆算出できる。

【0099】

【数10】

る。

【0101】なお、本実施の形態では、ビームを形成するためのウェイトの決定に、SMIという適応アルゴリズムを用いた場合について説明したが、必ずしもSMI

である必要はなく、たとえば、RLSおよびLMS等の既知の適応アルゴリズムを用いることとしてもよい。

【0102】このように、本実施の形態では、パス毎に同相化されたアダプティブビーム合成信号を全パスにわたって合成した信号を用い、かつ適応アルゴリズムを利用して全パス共通のウェイトを生成する構成とした。これにより、基地局受信側では、1つの移動局に対して、固定の指向性ビーム数に応じた適応アルゴリズムを1つ用意するだけでよいから、ハードウェアおよびソフトウェアの規模を大幅に低減できる。

【0103】また、本実施の形態では、ウェイトの初期状態時、あるいは、パケット伝送時のように連続して伝送が行われない場合で、さらにアダプティブアンテナの適応アルゴリズムが初期状態のとき、固定の指向性ビームのなかからパス電力の総和が最も大きなビームを選択することで、適応アルゴリズムを動作させる構成とした。これにより、適応アルゴリズムが収束するまでの時間を短縮することができるとともに、サービスするエリア内の干渉量を軽減しながら、さらに大幅に通信品質を向上させることができる。

【0104】実施の形態4. 本実施の形態では、前述の実施の形態3に加えて、さらに、到来方向が空間的に大きく異なるパスが存在する場合に対応することとした。具体的にいうと、アダプティブビーム形成部106b-1~Lとウェイト制御部123bと加算部107の組み合わせを、複数グループ分備える構成とした。ここでは、実施の形態3と異なる動作について説明する。

【0105】図7は、本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態4の構成を示す図である。なお、送信スロットのフォーマットについては、実施の形態1~3と同様、図11の構成を用いる。また、前述の実施の形態3と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0106】図7において、105cは先に説明したパス検出部105と同様の機能を有するパス検出部であり、141は加算部141であり、151-1、151-Mはアダプティブビーム形成部106b-1~Lとウェイト制御部123bと加算部107の組み合わせで構成されたアダプティブビーム形成グループである。

【0107】以下、本実施の形態のアダプティブアンテナ受信装置の動作を、図面を用いて詳細に説明する。なお、ここでは、前述の実施の形態3と異なる動作についてのみ説明する。たとえば、図6のパス選択部402にて2以上の固定ビームでパスが検出され、パス位置が隣り合う固定の指向性ビームを超えるような空間的に異なるパスに対しては、個別のパスに対応できるように、複数のアダプティブビーム形成グループを設け、適応的にビームを形成する。

【0108】そして、アダプティブビーム形成グループ出力は、さらに加算部141で加算され、その加算結果

は、データ判定部108に対して出力される。

【0109】このように、本実施の形態においては、パスの検出位置が空間的に大きく異なっている場合、空間的に近接して検出されるパスのグループ単位に、適切なアダプティブビームを形成する構成とした。これにより、実施の形態3と同様の効果が得られるとともに、さらに、適応アルゴリズムを実行するウェイト制御部の数を増加させることなくアダプティブビームを形成できる。

10 【0110】実施の形態5. 本実施の形態では、実施の形態3と異なる処理で、到来方向が空間的に大きく異なるパスが存在する場合に対応することとした。具体的にいうと、アダプティブビーム形成部106d-1~L（実施の形態2の応用例）とウェイト制御部123bと加算部107の組み合わせを、複数グループ分備える構成とした。ここでは、実施の形態4と異なる動作について説明する。

【0111】図8は、本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態5の構成を示す図である。なお、送信スロットのフォーマットについては、実施の形態1~4と同様、図11の構成を用いる。また、前述までの実施の形態1~4と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

20 【0112】図8において、106d-1、106d-2、…、106d-Lは、検出されたパス単位に、適応アルゴリズムを用いてアダプティブにビームを形成するアダプティブビーム形成部であり、151d-1、151d-Mはアダプティブビーム形成部106d-1~Lとウェイト制御部123bと加算部107の組み合わせで構成されたアダプティブビーム形成グループである。なお、アダプティブビーム形成部106d-1~L内の干渉量推定部129および正規化部130は、先に説明した実施の形態2と同様に動作し、スロット中のパイロットシンボルを用いて干渉量を推定する。

30 【0113】このように、本実施の形態においては、前述の実施の形態4と同様の効果が得られるとともに、さらに、パス毎に干渉量で正規化する構成としたため、たとえば、形成されたアダプティブビーム毎に干渉量が異なるような場合においても、受信SIRを高めることができる。

【0114】

【発明の効果】以上、説明したとおり、本発明によれば、予め定められた固定の指向性ビームを用いて適応アルゴリズムを動作させる構成とした。これにより、ビームごとの干渉量が低減され、SIRが高められるため、適応アルゴリズムにより形成されるアダプティブビームを迅速に形成できる、という効果を相する。また、パス毎に同相化されたアダプティブビーム合成信号を用い、かつ適応アルゴリズムを利用して、パス単位にアダプティブビームを形成する構成とした。これにより、フェー

ジング変動ならびにサービスするエリア内で受ける干渉の影響を軽減しながら、通信品質を向上させることができる、という効果を奏する。

【0115】つぎの発明によれば、移動局の位置が瞬間的に偏在するか、もしくは伝送速度が異なることにより送信信号電力の異なる移動局が存在し、アダプティブアンテナにより形成されるビーム単位の干渉電力が同一と見なせない場合に、パス単位のアダプティブビーム合成信号を、干渉量に応じた重み付けを行った後、合成する構成とした。これにより、さらに、受信SIRを最大化することが可能となるため、理想的なチャネル容量を得ることができる、という効果を奏する。

【0116】つぎの発明によれば、パス検出を行う際に、予め定められた指向性を有する複数のビームを用いてサービス可能なエリアをカバーし、固定の指向性ビーム単位にパス検出を行う構成とした。これにより、サービスするエリア内で干渉量が多い場合においても、固定の指向性ビーム単位の干渉電力が抑えられるため、パス検出を精度よく行うことができる、という効果を奏する。

【0117】つぎの発明によれば、パス毎に同相化されたアダプティブビーム合成信号を全パスにわたって合成した信号を用い、かつ適応アルゴリズムを利用して全パス共通のウェイトを生成する構成とした。これにより、基地局受信側では、1つの移動局に対して、固定の指向性ビーム数に応じた適応アルゴリズムを1つ用意するだけでよいため、ハードウェアおよびソフトウェアの規模を大幅に低減できる、という効果を奏する。

【0118】つぎの発明によれば、パスの検出位置が空間的に大きく異なっている場合、空間的に近接して検出されるパスのグループ単位に、適切なアダプティブビームを形成する構成とした。これにより、適応アルゴリズムの数を増加させることなくアダプティブビームを形成できる、という効果を奏する。

【0119】つぎの発明によれば、さらに、パス毎に干渉量で正規化する構成としたため、たとえば、形成されたアダプティブビーム毎に干渉量が異なるような場合においても、受信SIRを高めることができる、という効果を奏する。

【0120】つぎの発明によれば、パス検出を行う際に、予め定められた指向性を有する複数のビームを用いてサービス可能なエリアをカバーし、固定の指向性ビーム単位にパス検出を行う構成とした。これにより、サービスするエリア内で干渉量が多い場合においても、固定の指向性ビーム単位の干渉電力が抑えられるため、パス検出を精度よく行うことができる、という効果を奏する。

【0121】つぎの発明によれば、ウェイトの初期状態時で、さらにアダプティブアンテナの適応アルゴリズム

が初期状態のとき、固定の指向性ビーム単位に検出されたパスを、その信号レベルに応じて重み付けした後、合成する構成とした。これにより、ビーム形成および適応アルゴリズムが収束するまでの時間を短縮できる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態1の構成を示す図である。

【図2】 パス検出部の構成を示す図である。

10 【図3】 ビーム形成部で生成されるH個の固定ビームのパターンを示す図である。

【図4】 本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態2の構成を示す図である。

【図5】 本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態3の構成を示す図である。

【図6】 パス検出部の構成を示す図である。

【図7】 本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態4の構成を示す図である。

20 【図8】 本発明にかかるアダプティブアンテナ受信装置の実施の形態5の構成を示す図である。

【図9】 従来の受信装置の構成を示す図である。

【図10】 従来のパス検出部の構成を示す図である。

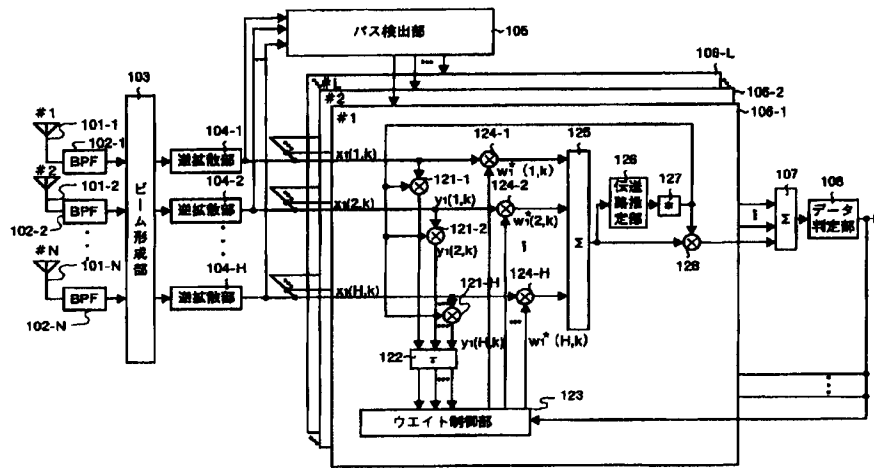
【図11】 送信スロットのフォーマットを示す図である。

【図12】 周波数選択性フェージング伝送路のインパルス応答の一例を示す図である。

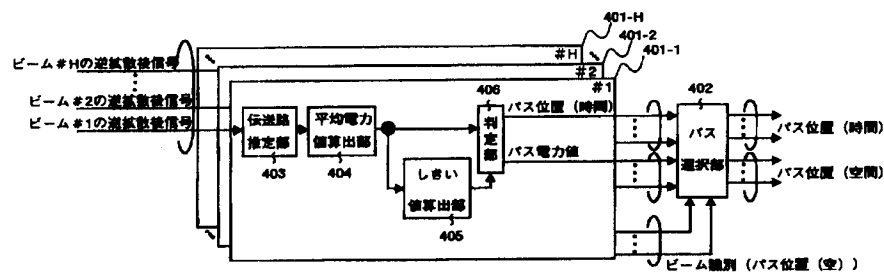
【符号の説明】

101-1, 101-2, 101-N アンテナ、102-1, 102-2, 102-N バンドパスフィルタ(BPF)、103 ビーム形成部、104-1, 104-2, 104-H 逆拡散部、105, 105c パス検出部、106-1, 106-2, 106-L, 106a-1, 106a-2, 106a-L, 106b-1, 106b-2, 106b-L, 106d-1, 106d-2, 106d-L アダプティブビーム形成部、107 加算部、108 データ判定部、121-1, 121-2, 121-H, 124-1, 124-2, 124-H 複素乗算器、122 遅延器、123, 123b ウェイト制御部、125 加算部、126 伝送路推定部、127 複素共役算出部、128 複素乗算器、129 干渉量推定部、130 正規化部、141 加算部、151-1, 151-M, 151d-1, 151d-M アダプティブビーム形成グループ、401-1, 401-2, 401-H, 401b-1, 401b-2, 401b-H ビーム毎パス検出部、402 パス選択部、403 伝送路推定部、404 平均電力値算出部、405 しきい値算出部、406 判定部、407 ビーム選択部。

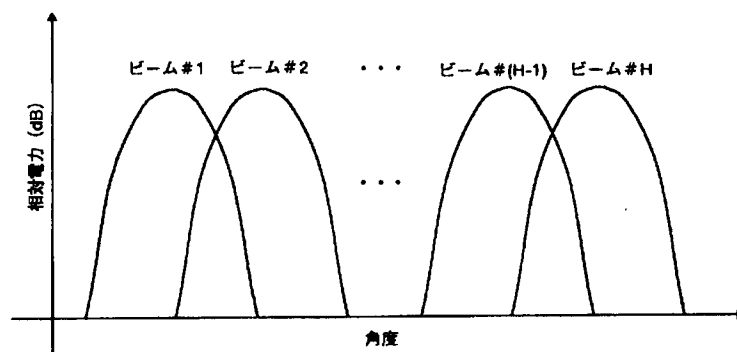
【図1】



【図2】



【図3】

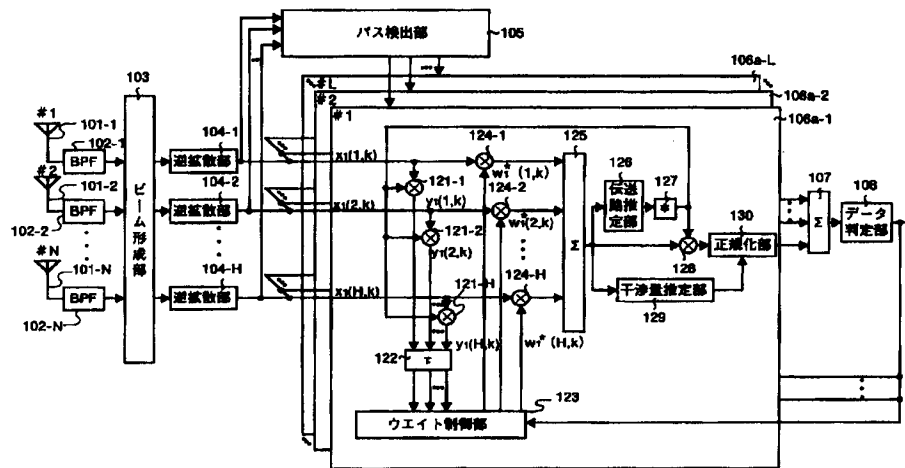


【図11】

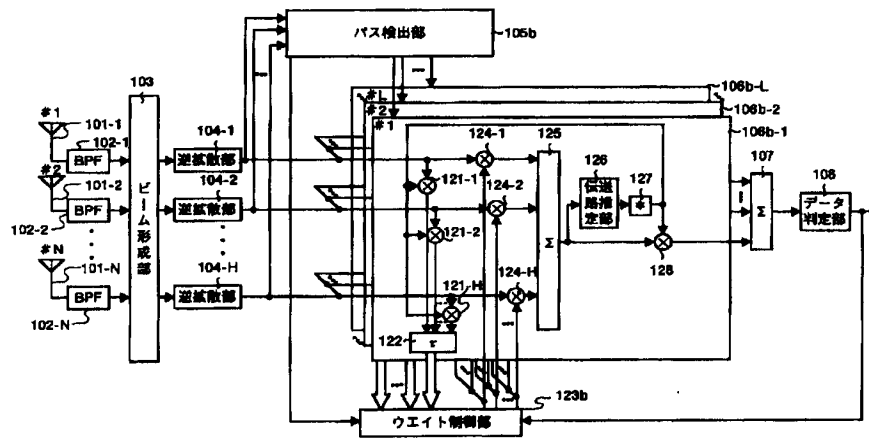
既知系列	データ
------	-----

スロット構成

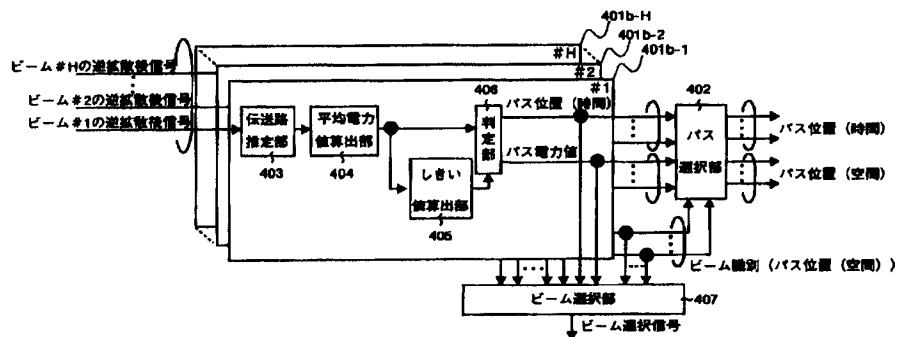
【図 4】



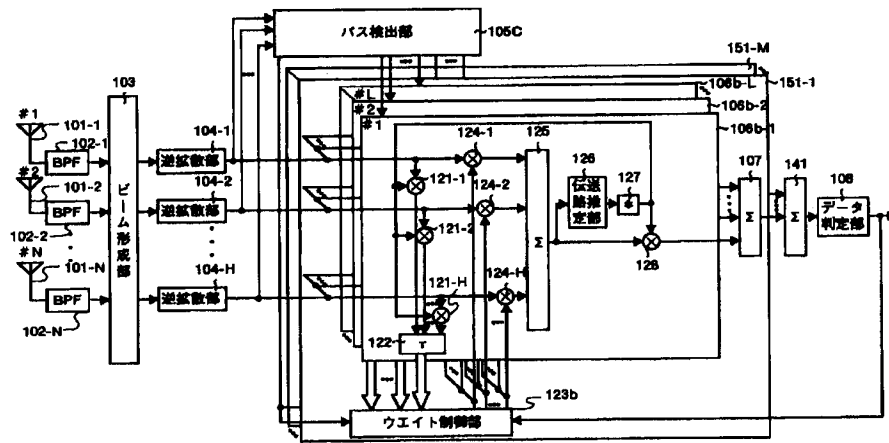
【图 5】



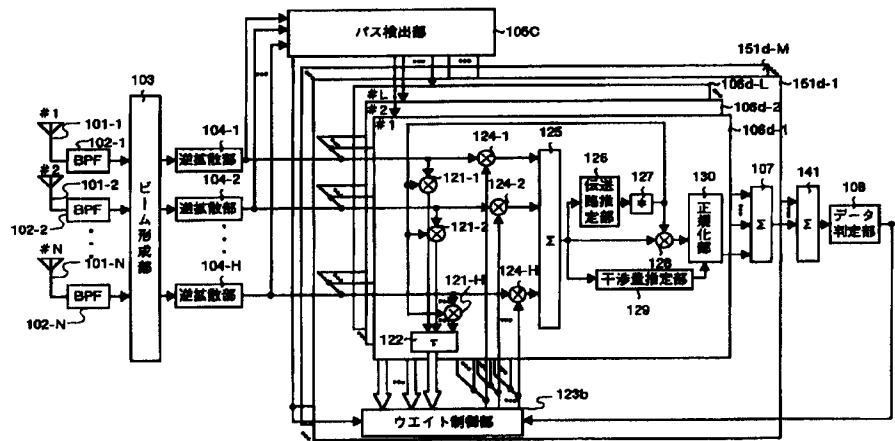
【图 6】



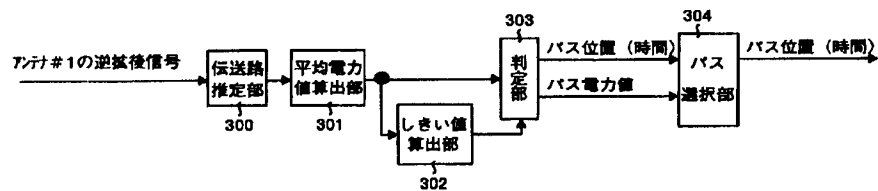
【图 7】



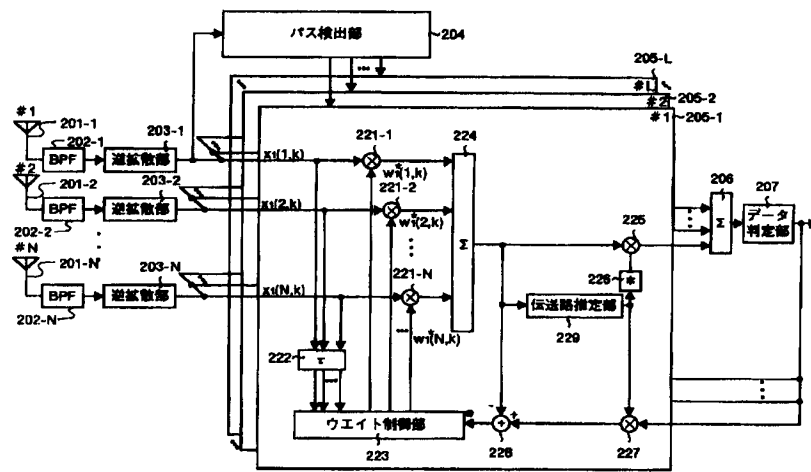
【図 8】



【図 10】



【図9】



【図12】

